

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Studi Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh dari PT. PJB UP Brantas. Obyek yang diamati yaitu komponen *Generator cooler / radiator* pada *Water cooling system* yang terdapat di waduk Sengguruh PT. PJB UP Brantas.

4.1.1. Water Cooling System

Water Cooling System sebagai sistem pendingin mengambil air dari pipa *Penstock*. Sebelum digunakan sebagai pendingin terlebih dahulu di saring melalui *Main Strainer*. Aliran air sebelum dan setelah *Main Strainer* memiliki katup / *Valve* yang dapat dikendalikan secara manual atau otomatis, untuk *CW Main Valve* dapat di buka secara otomatis mealui *Control Room*. Air yang telah di saring melalui *Main Strainer* selanjutnya akan dialirkan unutup mendinginkan *Radiator Generator* unit 1 dan 2, *Oil Cooler* pada *Thrust Bearing*, *Sump Tank*, dan *Turbine Guide Bearing*.

Air dialirkan dari penstock melalui sebuah pipa. Setelah melalui penyaring (*main strainer*) dan *cooling water valve* barulah air dialirkan ke:

- a) Ruang Generator
- b) *Generator Oil Cooler*
- c) *Turbine Oil Cooler*
- d) *Sump Tank Oil Cooler*

. Setelah air dialirkan ke bagian-bagian yang perlu didinginkan, barulah air dibuang ke *tail race* dan *drainage pit*.

Radiator merupakan salah satu piranti yang penting dalam *water cooling system* suatu unit pembangkit listrik. Radiator ini berfungsi sebagai pendingin generator atau lebih tepatnya lagi untuk menstabilkan suhu generator agar selalu dalam keadaan normal.

4.2 Pengumpulan Data

Berikut ini adalah data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan

Tabel 4.1 Waktu Perbaikan dan Waktu Antar Kerusakan Pipa Radiator

PIPA RADIATOR (PIPE)		
Tanggal	Waktu Perbaikan / Tr (Jam)	Waktu Antar Kerusakan / Tf (Jam)
19 Maret 2002	8.7	0
7 Agustus 2008	9.5	55152
10-Apr-2013	7.2	40392

Sumber : PT.PJB UP Brantas PLTA Sengguruh

Tabel 4.2 Waktu Perbaikan dan Waktu Antar Kerusakan Sensor Radiator

SENSOR RADIATOR		
Tanggal	Waktu Perbaikan / Tr (Jam)	Waktu Antar Kerusakan / Tf (Jam)
31 Juli 2008	7.5	0
26 Agustus 2010	8.4	17904
27-Nov-10	8.5	2184
13 Febuari 2012	6.2	10464
5 Maret 2012	6.5	528

Sumber : PT.PJB UP Brantas PLTA Sengguruh

Tabel 4.3 Waktu Perbaikan dan Waktu Antar Kerusakan *Drain & Venting Valve*

DRAIN & VENTING VALVE		
Tanggal	Waktu Perbaikan / Tr (Jam)	Waktu Antar Kerusakan / Tf (Jam)
23 Mei 2000	9.2	0
12 Juli 2006	8.8	53016
17 Agustus 2011	8.4	44040

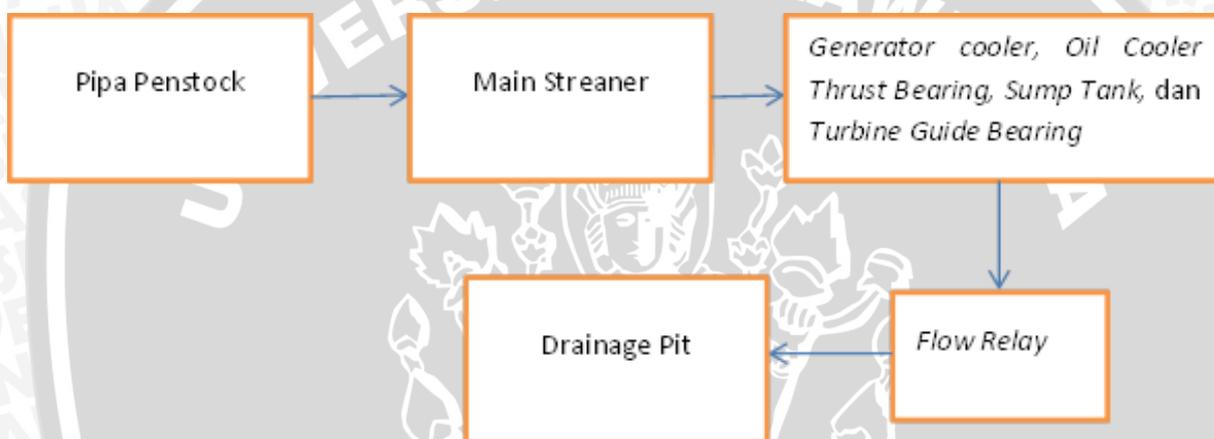
Sumber : PT.PJB UP Brantas PLTA Sengguruh

4.3 Pengolahan Data

Tahapan selanjutnya ialah menganalisa data. Pada RCM ada 2 cara untuk menganalisa yaitu analisa kualitatif yang meliputi RPN, FMEA Diagram, Decision Worksheet ; dan analisa kuantitatif yang meliputi uji distribusi, penentuan interval perawatan, perhitungan MTTF.

4.3.1 Functional Block Diagram

Functional Block Diagram ini dibuat dengan tujuan agar lebih memudahkan dalam mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada fungsi dan sistem kerja mesin.



Gambar 4.1 *Functional Block Diagram Water Cooling System*

4.3.2 Risk Priority Number (RPN)

RPN adalah indikator kekritisan untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda kegagalan. Cara menghitung RPN adalah sebagai berikut :

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

Dimana:

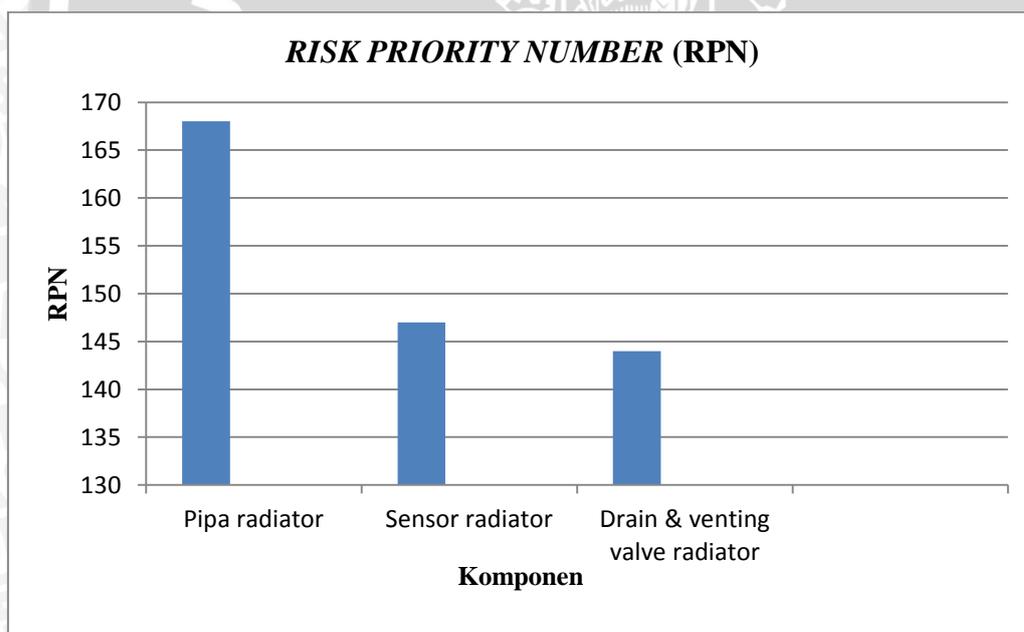
- S (*Severity*) / keparahan efek = Seberapa serius efek kegagalan yang dapat berimbas atau yang akan diterima oleh pelanggan
- O (*Occurrence*) / probabilitas kejadian = Estimasi subjektif yang dinyatakan dengan angka dari kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi selama masa operasional suatu produk
- D (*Detection*) Deteksi penyebab = Bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan

Berikut ini adalah hasil penilaian RPN untuk water cooling system

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan RPN (*Risk Priority Number*)

<i>Procces Step</i>	<i>Input</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurence</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Water Cooling System</i>	Pipa radiator	7	4	6	168
	Sensor radiator	7	7	3	147
	<i>Drain & venting valve radiator</i>	6	4	6	144

Pada perhitungan RPN yang dapat dilihat dari table di atas menunjukkan urutan komponen-komponen kritis dari nilai RPN terbesar adalah pipa radiator (168), sensor radiator (147), *drain & venting valve radiator* (144)



Gambar 4.2 Grafik analisis nilai RPN pada komponen *generator cooler*

4.3.3 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

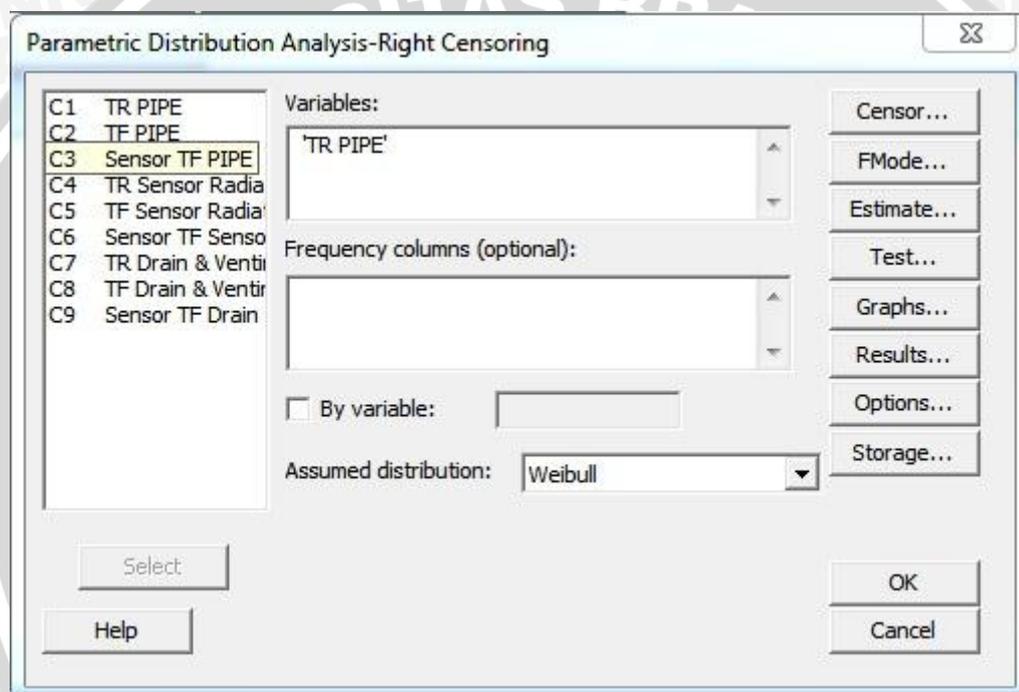
Tabel 4.5 FMEA Diagram Generator Cooler

RCM INFORMATION WORKSHEET				System : Water Cooling		Facilitator :
				Sub System : PT PJB		Auditor :
Function		Functional Failure		Failure Mode		Failure Effect
1	Water cooling system berfungsi untuk mendinginkan dan menjaga suhu operasional generator agar tetap dalam suhu yang ideal	A	Tidak dapat menjaga suhu operasional yang ideal dari generator sehingga suhu generator terlalu panas	A1	Kondisi saluran pipa radiator kotor karena penumpukan sampah dari sumber air pendingin	Dapat mengakibatkan penyumbatan maupun kebocoran pada pipa radiator
				A2	Sensor radiator tidak normal atau menunjukkan suhu yang tinggi	Mengakibatkan sensor tidak bekerja normal
				A3	Drain & venting valve sudah tidak rapat atau aus karena usia pakai	Dapat mengakibatkan kebocoran pada drain & venting valve

4.3.4 Penentuan Distribusi Waktu antar Kerusakan

Dalam menentukan distribusi waktu antar kerusakan, pertama-tama kita harus mencari nilai parameter bentuk / shape (α) dan parameter skala / scale (β). Dalam hal ini kita menggunakan software minitab 17 untuk mengetahui nilai parameter tersebut dan langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

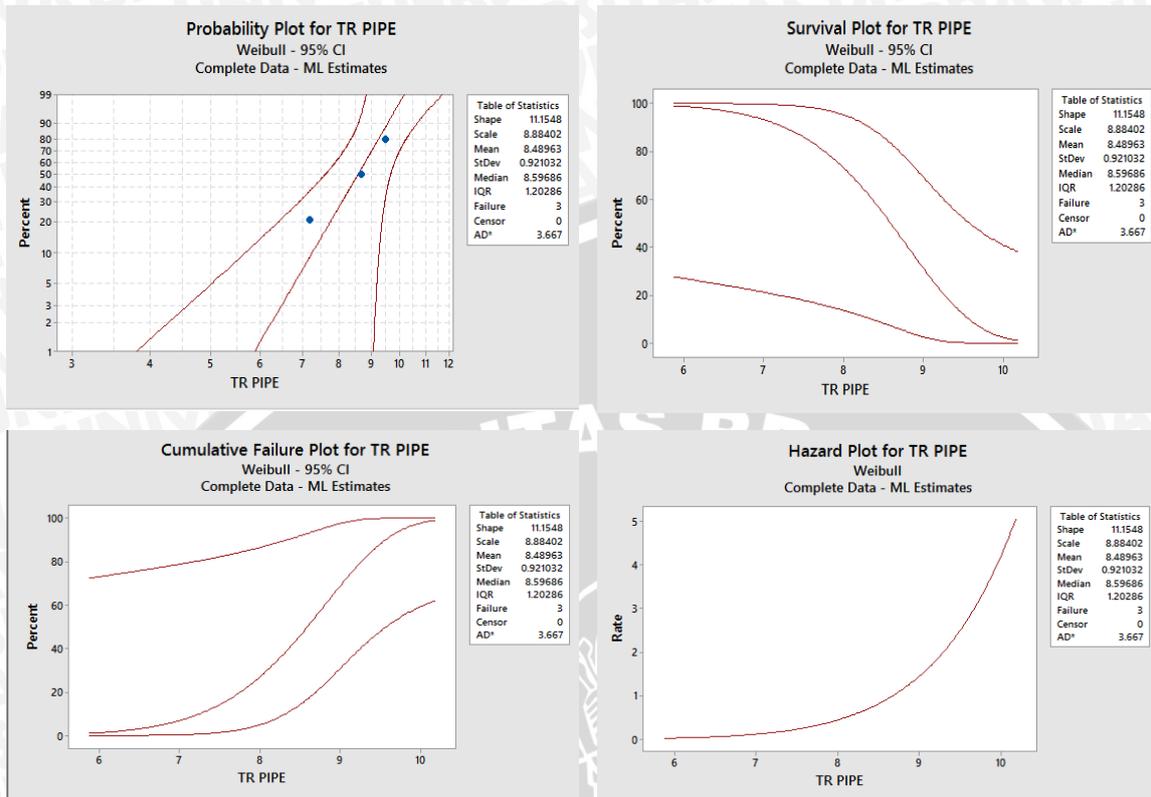
- Parameter distribusi TR komponen *radiator pipe*
 1. Buka program minitab 17
 2. Pada menu bar pilih Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Parametric Distribution Analysis



Gambar 4.3 Tampilan Menu Parametric Distribution Analysis pada Minitab 17

3. Dalam *Variables*: masukkan TR PIPE
4. Klik OK

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, maka akan muncul hasil seperti berikut ini:



Gambar 4.4 Grafik hasil parameter-parameter pada distribusi Weibull TR komponen *Pipe* yang didapat dengan menggunakan software minitab 17

Dari gambar pada bagian *Table of Statistics* dapat dilihat bahwa dengan menggunakan distribusi Weibull diperoleh nilai shape (α) atau parameter bentuk sebesar 11,1548 dan nilai scale (β) atau parameter skala sebesar 8,8840 dan nilai MTTF yang merupakan rata-rata waktu antar kerusakan sebesar 8,48963 jam

Dengan menggunakan software minitab 17, data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan diuji menggunakan RSM dengan distribusi Weibull untuk mendapatkan parameter α dan β . Hasil pengujian estimasi parameter data waktu perbaikan (Tr) dan waktu antar kerusakan (Tf) dari komponen mesin *water cooling system* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.6 Nilai Parameter Hasil Uji Distribusi

<i>Water cooling system</i>				
Nama Komponen	Ket	Jenis Distribusi	Parameter	
			α	β
Pipa Radiator	Tr	Weibull	11,1548	8,8840
	Tf	Weibull	0,9612	26818,6
Sensor Radiator	Tr	Weibull	9,3691	7,8375
	Tf	Weibull	0,9055	7434,57
Drain and Venting Valve	Tr	Weibull	30,8740	8,9572
	Tf	Weibull	0,9296	48452,1

Keterangan :

α = parameter bentuk (distribusi Weibull)

β = parameter skala (distibusi Weibull)

- *Mean Time To Failure (MTTF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)*

Selanjutnya setelah diperoleh parameter pada masing-masing komponen mesin *water cooling system*, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Mean Time To Failure (MTTF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)* dengan parameter yang telah dihasilkan. Dengan menggunakan *software Minitab 17* dapat dilihat nilai *MTTF* dan *MTTR* pada hasil analisis yaitu berupa nilai *mean*. Hasil dari *MTTR* dan *MTTF* ialah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Hasil MTTR dan MTTF

Jenis Mesin	Nama Komponen	MTTR (jam)	MTTF (jam)
Mesin <i>Water cooling system</i>	Pipa Radiator	8.4896	27294.6
	Sensor Radiator	7.4352	7796.76
	Drain and Venting Valve	8.7988	50120.7

Berdasarkan tabel hasil perhitungan nilai MTTF dan MTTR dapat diketahui bahwa rata-rata komponen Pipa radiator akan kembali baik setelah 8.4896 jam, sedangkan rata-rata komponen tersebut akan tetap baik setelah beroperasi 27294.6 jam. Rata-rata komponen Sensor radiator akan kembali baik setelah 7.4352 jam, sedangkan rata-rata komponen tersebut akan tetap baik setelah beroperasi 7796.76 jam. Berikutnya rata-rata komponen *Drain and venting valve* akan kembali baik setelah 8.7988 jam, sedangkan rata-rata komponen tersebut akan tetap baik setelah beroperasi 50120.7 jam.

4.3.5. Penentuan Interval Perawatan

Penentuan interval perawatan yang optimal pada setiap komponen diperlukan parameter yang telah diestimasi berdasarkan distribusi dari masing-masing komponen dan biaya penggantian komponen mesin water cooling system. Dalam penelitian ini komponen mesin water cooling system diantaranya Pipa radiator, Sensor radiator, dan *Drain and venting valve*. Langkah-langkah dalam menentukan interval perawatan yaitu dilakukan perhitungan biaya sebagai berikut :

- Biaya Penggantian Komponen karena Perawatan (CM)

Biaya Penggantian Komponen karena Perawatan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki komponen yang meliputi biaya tenaga kerja dan harga komponen atau suku cadang. Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya penggantian karena perawatan yaitu sebagai berikut :

$$CM = (\text{Biaya Tenaga Kerja} \times MTTR) + \text{Harga Komponen}$$

Hasil perhitungan biaya penggantian komponen karena perawatan seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Hasil perhitungan CM

Nama Komponen	MTTR (jam)	Harga (Rp)	Biaya Tenaga Kerja/orang (Rp/jam)	CM (Rp)
Pipa radiator	8,4896	598.000	300.000	3.144.880
Sensor radiator	7,4352	1.105.000	300.000	3.335.560
<i>Drain and Venting Valve</i>	8,7988	150.000	300.000	2.789.640

Berdasarkan perhitungan biaya penggantian komponen pada mesin *water cooling system* karena perawatan pada tabel di atas diketahui bahwa biaya penggantian komponen karena perawatan pada komponen Pipa radiator sebesar Rp 3.144.880,-. Dan biaya penggantian komponen karena perawatan pada komponen Sensor radiator sebesar Rp 3.335.560,-. Biaya penggantian komponen karena perawatan pada komponen *Drain and venting valve* sebesar Rp 2.789.640,-.

- Biaya Penggantian Komponen karena Kerusakan (CF)

Merupakan biaya penggantian yang meliputi biaya tenaga kerja, biaya downtime dan harga komponen. Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya penggantian karena kerusakan adalah :

$$CF = [(Biaya Tenaga Kerja + Biaya Downtime) \times MTTR] + \text{Harga Komponen}$$

Hasil perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan CF

Nama Komponen	MTTR (jam)	Harga (Rp)	Biaya Tenaga Kerja/orang (Rp/jam)	Biaya Downtime (Rp/jam)	CF (Rp)
Pipa radiator	8,4896	598.000	300.000	5.750.000	51.960.080
Sensor radiator	7,4352	1.105.000	300.000	5.750.000	46.087.960
<i>Drain and venting valve</i>	8,7988	150.000	300.000	5.750.000	53.382.740

Berdasarkan perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan pada tabel di atas diketahui bahwa biaya penggantian komponen karena kerusakan pada komponen Pipa radiator sebesar Rp 51.960.080,-. Kemudian biaya penggantian komponen karena kerusakan pada komponen Sensor radiator sebesar Rp 46.087.960,-. Dan biaya penggantian komponen karena kerusakan pada komponen *Drain and venting valve* sebesar Rp 53.382.740,-.

- Interval Perawatan Optimal (TM)

Setelah diperoleh biaya penggantian komponen karena perawatan (CM) dan biaya penggantian komponen karena kerusakan (CF) serta parameter yang sesuai dengan pengujian distribusi, maka langkah selanjutnya adalah menghitung interval perawatan yang optimal (TM) yaitu sebagai berikut :

$$TM = \beta \left[\frac{CM}{CF - CM} \cdot \frac{1}{\alpha^{-1}} \right]^{1/\alpha}$$

Maka dengan cara seperti diatas diperoleh hasil perhitungan interval perawatan optimal pada masing-masing komponen kritis seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan TM

Nama Komponen	α	β	CM (Rp)	CF (Rp)	TM (jam)
Pipa radiator	0,9612	26818,6	3.144.880	51.960.080	1484,332
Sensor radiator	0,9055	7434,57	3.335.560	46.087.960	398,329
<i>Drain and venting valve</i>	0,9296	48452,1	2.789.640	53.382.740	1982,811

Tabel di atas menginformasikan bahwa interval perawatan yang dihasilkan agar komponen tetap bekerja secara optimal untuk komponen Pipa radiator sebesar 1484,332 jam, Sensor radiator sebesar 398.329 jam, dan *Drain and venting valve* sebesar 1982,811 jam.

- *Mean Time To Failure* setelah dilakukan perawatan (MTTF_m)

Hasil dari TM ini bisa digunakan untuk menghitung *Mean Time To Failure* setelah dilakukan perawatan (MTTF_m). MTTF_m ini berguna untuk menganalisa kelebihan dari jadwal perawatan yang baru. Untuk perhitungan lengkap dari MTTF_m bisa dilihat pada lampiran 4.

MTTF_m dengan interval perawatan TM

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan MTTF_m

Nama Komponen	MTTF _m (jam)	MTTF (jam)	Selisih (jam)
Pipa radiator	25778,038	27294,6	1516,562
Sensor radiator	6732,003	7796,76	1064,757
Drain and venting valve	45039,328	50120,7	5081,372

4.4 Pembahasan

Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan analisis yang digunakan untuk menganalisa adanya kegagalan kinerja unit *water cooling system* agar dapat meningkatkan produktivitas dan menghasilkan interval pemeliharaan yang optimal. Dengan metode ini diharapkan akan diperoleh informasi yang berguna untuk mengembangkan sistem *maintenance* sehingga dapat mengurangi kegagalan fungsi komponen unit *water cooling system*.

Berdasarkan *RCM Decision Worksheet* dan *RCM Decision Diagram*, diperoleh bahwa tindakan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.12 Kegiatan dan Interval Perawatan yang Disarankan

Mesin	Komponen Kritis	Kegiatan Perawatan	Interval Perawatan (jam)
Unit water cooling system	Pipa Radiator	<i>Scheduled on Condition Task</i>	27294,6
	Sensor Radiator	<i>Scheduled on Condition Task</i>	7796,76
	<i>Drain and Venting Valve</i>	<i>Scheduled Discard Task</i>	50120,7

Pada Komponen *Drain and venting valve* memiliki interval perawatan paling lama yaitu 50120.7 jam, Berarti komponen ini memiliki ketahanan yang sangat besar dibandingkan komponen lainnya. Dengan melihat *RCM Decision Diagram* maka kegiatan perawatan yang perlu dilakukan pada komponen ini adalah *Scheduled Discard Task* yaitu melakukan tindakan penggantian (*replacement*) pada komponen yang mengalami kerusakan serta keausan yang dapat mengakibatkan komponen tersebut tidak bekerja sebagaimana fungsinya. Penentuan tindakan ini dapat disarankan setelah melihat *RCM Decision Diagram* dengan menganalisa kesesuaian kegagalan komponen *drain and venting valve* pada alur H (*Hidden Failure*), S (*Safety*), E (*Environment*), dan O (*Operational*).

Sedangkan pada komponen pipa radiator dan sensor radiator menunjukkan interval perawatan yang lebih sedikit yaitu 27294.6 jam dan 7796.76 jam. Pada kedua komponen ini, tindakan perawatan yang lebih tepat ialah *Scheduled on Condition Task* yaitu tindakan yang diambil untuk mendeteksi potensi kegagalan, sehingga bisa diambil suatu tindakan yang bisa mencegah terjadinya kegagalan tersebut.

Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure (MTTF)* setelah dilakukan tindakan perawatan, maka didapatkan selisih antara *MTTF_m* dengan *MTTF* yaitu untuk

komponen *drain and venting valve* memiliki selisih yang paling tinggi dari komponen yang lain yakni sebesar 5081.372 jam. Sedangkan untuk komponen sensor radiator memiliki selisih yang paling rendah yaitu sebesar 1064.757 jam. Dari hasil perhitungan komponen Unit *Water Cooling* setelah dilakukan tindakan perawatan *Mean Time To Failure (MTTF_m)* dibandingkan dengan *Mean Time To Failure (MTTF)* sebelum tindakan perawatan, maka akan didapatkan nilai selisih waktu antar kerusakan komponen yang berkurang dari sebelumnya, sehingga produktivitas komponen tidak seoptimal dari sebelumnya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

